臺灣地區土壤有機質含量及有機資材之施用狀況

郭鴻裕[1] 朱戩良[2] 江志峰[3] 吳懷國[4]

摘要：本文分別討論臺灣地區土壤有機質含量之地理分佈，比較臺灣地區歷次土壤肥力調查之土壤有機質含量變化趨勢並檢討本省農田有機資材之施用狀況，以明瞭臺灣地區之土壤有機質含量現狀並供爲擬訂有機資材施用策略之參考。

土地利用、氣候及土壤性質爲影響本省土壤有機質含量之主要因子。在中海拔之森林土壤有機碳含量可達67公斤／公尺／平方公尺，而一般農田之土壤有機碳含量平均約爲10公斤／公尺／平方公尺。水田或旱田之耕作亦影響土壤有機碳之含量。

以1967年與1994年之鄉鎮土壤調查資料比較土壤有機質含量，整體資料顯示臺灣地區土壤有機質含量有增高之趨勢，其原因歸諸於施肥量增加，及水田耕作次數增加，水稻根量殘留於土體中增加之故。另作者等認爲本省西南部農田土壤有機質含量因曾文水庫之完工，除非有新的耕作制度或方法之擾動，應已達一新的平衡點。

因本省化學肥料之便宜與精純，相對於有機資材之來源不足及施用費工與費時等，近三十餘年來農田施用堆、廏肥已大爲減少。統計資料顯示本省農田施用自給肥料公頃年均量由 1952年之20千公斤降成1993年之 1.6千公斤。惟近年來，政府鼓勵休耕田栽植綠肥及大力推廣有機肥之施用措施，農田施用自給肥料公頃年均量已漸增加。

關鍵詞：臺灣地區、土壤有機質含量、自給肥料

前　　言

土壤有機質是土壤組成份之一部份，與土壤之生成、化育有密切之關係，同時亦關係土壤化學、物理及生物性質之表現。土壤有機質自古以來即是農學家之密切注意對象，尤其在化學肥料尙未發達之時代，主要爲提供作物養分之來源。在化學肥料發達後，另有部份人士研究土壤有機質之養分效應外之效果。

近年本省有機農業開始風行，加之農畜產廢棄物及社區廢棄有機物處理問題之產生，在國際上則對於全球氣候變遷與土壤碳含量之變化(1)，土壤劣化等問題之重視，故有機資材之施用與土壤有機物含量之變化再度成爲土壤肥料學之研究重點之一。

土壤有機質在土壤系統是以動態組成的方式存在，土壤有機質不斷的在土壤系統中進出，即是地球之碳循環中之一部份。討論土壤有機質是一個很嚴肅之課題，因爲目前存在土體中有部分

1.台灣省農業試驗所農化系副研究員
2.台灣省農業試驗所農化系助理
3.台灣省農業試驗所農化系約僱助理
4.台灣省農業試驗所農化系助理

之有機質之形成年代均以久遠。依據碳－14定年法曾測得土體中之有機質是8000年前所形成，土體中常可見的是在2500年內形成的有機質，一般土體中有機質形成年代則爲 200至 600年之間[2]。因此土壤有機質之分解與積聚是一段歷史故事。

比較土壤有機質含量之變化是一項困難之工作，歸因於土壤有機質分類定義與測定之困難。Nelson等[3]將土壤有機質定義爲包含有微生物細胞、不同分解階段之植物與動物殘體、從分解殘體組成之穩定腐植質及一些炭化之物質等。美國土壤學會則定義爲新鮮與各分解階段之植物、動物與微生物之殘體及相對抗分解之土壤腐植質。又各種分析方法所測的土壤碳並不儘相同，由有機碳換算有機質之値亦有所不同，依土壤而異。故欲詳細瞭解土壤有機質之動態，需要有長期之定點監測計畫之執行才可有結果。

Haider 及Martin[4]認爲大部分之土壤有機物質在土壤之反應皆爲微生物之活動結果，王[5]等研究報告指出土壤膠體亦參與反應。影響微生物活性之環境因子皆影響死去之植物體分解成二氧化碳或轉化成土壤有機質之速度。這些環境因子包括：溫度、土壤溼度、氣體交換速度、有效養分及礦物膠體之構造。土壤化育及調查學者[6]等認爲在自然狀態下，氣候因素爲影響土壤有機質含量分佈之主要決定因素，因此對於NS係數或雨量因子與土壤有機質含量之關係等有諸多之討論。有很多証據顯示人類耕作及施肥手段而影響土壤中之有機質含量，在世界許多長期試驗更能凸顯此項事實。臺灣土地面積狹小，人口稠密，土地利用集約，對於農田土壤地力在長期耕作下是否造成地力衰退，常引起國人之高度關注。對於臺灣之農田地力現況及土壤有機質含量之變化趨勢有必要進行全盤之瞭解，以爲全省農田土壤管理及農田利用策略之擬訂參考。

臺灣地區過去農田土壤之養分供給來源，有部分之養分是由通稱自給肥料所供應，自給肥肥料包括：綠肥、堆肥、人糞尿、禽畜糞、草木灰、稻草、燒土、稻殼及其它之相關物質，大抵皆是目前有機農業所可接受之養分供給源，但目前農村勞力缺乏，又此等自給肥料之養分含量偏低，故在臺灣地區農田單位面積使用量近年已急遽下降。此等自給肥料對於作物提供之養分量爲何？對本省農田地力之維持性如何？經濟性又如何？回顧過去之歷程，將給我們新的省思。

一般認爲綠肥具有固氮，磷、鉀肥之富集作用，改善土壤物理性，是一種養地作物及其他之副產效果，長久以來農學家咸認爲綠肥可以提供氮素供應及增加有機質而增進地力[7]。王等[8]曾對臺糖公司之農田栽培綠肥作物策略進行評估，認爲是不經濟的。時隔三十年，臺灣農業面臨新的挑戰，此時政府推行農田栽培綠肥作物之策略與預期目標應爲何？此等課題皆有進一步討論之必要。

本文分別討論臺灣地區土壤有機質含量之地理分佈，比較臺灣地區歷次土壤肥力調查之土壤有機質含量變化趨勢兼論土壤酸化問題並檢討本省農田有機資材之施用狀況，以明瞭臺灣地區之土壤有機質含量動態並供爲擬訂農田經營及有機資材施用策略之參考。

臺灣地區土壤有機質之分佈

一般認爲影響土壤中有機質含量之因子包括：氣候、土壤質地及人類之活動，張[9]在臺灣土壤肥力概測調查報告指出上述之三因子大抵支配臺灣地區之土壤中有機質之含量。在討論臺灣地區之土壤有機質之分佈時，必需先瞭解臺灣之氣候概況。

臺灣地處熱帶、亞熱帶間，氣溫溫暖，平地地區年平均溫在21至23℃之間，一般六至九月平

均溫度爲26至28℃間，十一至二月間平均溫度爲15℃。在雨量方面，年平均雨量約爲2,500公厘，但分佈並不均勻。西南部臺中臺南間沿海年均雨量在1,000至1,500公厘之間，淺山地區雨量年均量在2,000至3,000公厘間，若干迎風面地區雨量更可高達4,000厘米以上。臺灣南北兩端爲全島雨量最多之地區，基隆地區年均雨量近3,000厘米，南行四公里之暖暖年均雨量爲5,000厘米；恆春地區年均雨量約爲2,200厘米，北方之大武山區年均雨量則爲5,200厘米。各地之降雨期不一，南部地區以夏季爲主，大約佔全年降雨量之80％，東北角地區則以冬季爲主，但一般北部之四季降雨分佈較爲均勻[10]。

1949年張[9]在全省各鄉鎮採集之一千兩百餘點之土壤樣品，並以Wilde比色法測定土壤有機質。彼等初抵臺灣，同時在舊有資料實屬缺乏之環境，對於臺灣地區農田土壤之肥力能有此輪廓，頗爲難得。雖其部分觀點尙缺乏土壤母質及土地利用對土壤有機質之影響，但其報告之描述已足使大家對臺灣土壤有機質含量之分佈有完整之印象，將其調查結果摘略如下。

分析結果指出臺灣北部土壤有機質含量最豐，基隆河流域及淡水河北岸的土壤，表土有機質含量平均在3.5％以上，常達4至5％；認爲是本區土壤質地較細，同時年均雨量加以氣溫略低於南部，土壤有機質較易積聚之結果。淡水河以南至新竹以北之紅壤區域，土壤質地頗細但較臺北盆地之土壤質地略粗，雨量亦在2,000公厘上左右，土壤有機質含量在2.5至3.5％之間，沿海地區土壤質地較粗以砂質壤土爲主，雨量亦較內陸低約500公厘，故土壤有機質含量亦稍低約爲1.5至2.5％之間。臺中、彰化地區除西南沿海地區土壤質地較粗外，其於土壤質地爲坋質壤土或坋質黏壤土等較爲黏重，氣溫雖稍昇高，但土壤有機質含量亦在1.5至2.5％之間，員林地區之土壤有機質含量甚可達2.5至3.5％之間。雲嘉南除地區除看天田（臺灣黏土）外，土壤大抵爲中粗質地，沿海地區土壤更爲粗質地，加以氣溫炎熱、乾旱，所以土壤有機質一般均較中北部爲低；本地區之土壤有機質含量一般在1.5％以下，土壤較黏重地區則在1.5至2.5％之間，沿海地區則在1.0％以下。高屏地區氣溫雖較嘉南地區略高，但雨量亦較嘉南地區爲高；高屏溪以北年均雨量約爲1,500至2,000公厘之間，高屏溪以南年均雨量則約爲2,000至3,000公厘之間。所以高屏地區之土壤有機質含量除南高接界之沿海地區在1.5％以下，一般土壤有機質含量在1.5至2.5％之間。蘭陽平原年雨量在2,500公厘左右，溫年均溫不及22℃，土壤質地頗爲細密，故土壤有機質含量在2.5至3.5％之間。花東縱谷區年均雨量爲2,000公厘，年均溫花蓮爲22.5℃，臺東地區爲23.5℃，但花蓮及縱谷區土壤大抵屬中、粗質地，而臺東平原土壤質地較爲黏重，所以花蓮及縱谷區之土壤有機質含量在1.5至2.5％之間而臺東平原之土壤有機質含量在2.5至3.5％之間。

1959至1967年間臺灣省農業試驗所進行全面性的農田肥力測定[11]，全省共計採樣78,635個樣本，係至目前爲止本省農耕地調查面積最完整之土壤肥力調查。本計畫之土壤有機質測定法採用修正Walkely及Black法。本次全省性之土壤有機質含量高低調查結果與1949年之趨勢相近，即桃園以北地區，以及大肚溪與濁水溪中間一帶之沖積土土壤有機質含量多屬中或高等級，其它地區之土壤有機質多屬低或極低。在東部地區除花蓮至瑞穗一帶，以及臺東卑南臺地之土壤有機物含量偏低，其它東部區域之土壤有機質含量多屬中或高等級。林[11]在報告中將分析資料採用Parker等的肥力指數法評估本省農田之土壤有機質肥力等級，認爲土壤有機物含量除臺北、桃園、屏東、臺東、花蓮、宜蘭等縣屬於中等，其它各縣均偏低。報告中亦指出『全省農田土壤有機質含量約有14％屬極低等級（＜1％），50.8％屬低等級（1％－2％），26.9％屬中等級（2％－3％），僅有8.3％屬高等級（＞3％），換言之，約有2／3農田土壤中所含有機物屬於低下』者，本段

之最後一句話常被爲引述爲臺灣地區農田肥力低下之依據。

1978年至1981年間農試所、各改良場、中興大學、屏東農專及臺糖研究所等進行臺灣省土壤肥力能限分類規範調查研究，計採取5,730個樣品。將土壤整理區分爲九大土類，各土類之土壤有機質含量範圍及平均質如表一。依平均值高低排序依次爲：黑土、安山岩沖積土、低地腐質土及湖積土、板岩沖積土、東岸母岩沖積土、紅壤、片岩沖積土、臺灣黏土、砂頁岩沖積土。此乃不同母質來源之土壤物質對於土壤有機質之聚積能力不同故(2)，臺灣地區之耕地土壤有機質分佈規則應以土類、地勢、氣候因子及土壤質地等因素而決定。以板岩沖積土爲例，詳如表二，分佈在宜蘭、彰化及屏東地區之農田表土有機質含量，平均值分別爲3.2％、2.5％及2.5％。而在屏東地區之細、中、粗質地板岩沖積土之土壤有機質含量分別爲3.1％、2.2％及1.6％，彰化地區則分別爲3.1％、2.6％及1.5％，其差異皆達極顯著水準。但在宜蘭地區之細、中、粗質地板岩沖積土之土壤有機質含量，如表三，分別爲3.4％、3.3％及2.1％，除部份位於高地、河灘砂地與濱海砂丘之粗質地土偏低外，其於土壤質地之影響差異並未達顯著水準。在中部地區之細、中、粗質地砂頁岩沖積土之土壤有機質含量分別爲2.2％、1.8％及1.1％，差異達極顯著水準；南部地區之之細、中、粗質地砂頁岩沖積土之土壤有機質含量分別爲2.0％、1.7％及1.7％。在南部中、粗質地之土壤有機質含量平均値相同，此乃粗質地土壤有機質含量部分較高，因而影響中、粗質地間土壤有機質含量之差異性。由上述資料顯示中南部地區之板岩與砂頁岩土壤類別間之有機質含量有所不同，同土類之不同土壤質地之有機質含量亦同有差異。宜蘭地區因常年多雨且氣溫稍低，故雖同爲板岩沖積土，本地區其土壤有機質含量較中南部地區爲高；但在本區內因土壤排水相對不良，故土壤質地之差異並不造成土壤有機質含量之差異。由上述資料可知土壤類別、地勢、氣候因子及土壤質地等因素對土壤有機質含量影響之大小。

表一、本省各主要土類之土壤有機質含量（1980）

Table 1. Soil organic matter contents of the major soil groups in Taiwan （1980)

	土壤有機質含量 %				
	黑　土	安山岩沖積土	低地腐質土及湖積土	板　岩沖積土	東岸母岩沖積土
min	0.00	0.57	0.85	0.00	0.71
max	6.48	7.62	4.95	8.16	5.72
avg	3.61	3.48	2.96	2.78	2.54
std	1.49	1.12	0.91	1.03	1.14

	土壤有機質含量 %			
	紅　壤	片　岩沖積土	臺灣黏土	砂頁岩沖積土
min	0.29	0.38	0.79	0.00
max	5.75	5.52	4.91	7.62
avg	2.32	2.31	2.04	1.94
std	0.87	0.89	0.63	0.77

表二、宜蘭、彰化、屏東地區粗、中、細質地板岩沖積土之土壤有機質含量（1980）
Table 2. Soil organic matter content of the different soil texture in Ilan 、 Changhwa and Pingtung Slate alluvial soils.（1980）

	土壤有機質含量 %		
	宜　蘭	彰　化	屏　東
細質地	3.4±0.7	3.1±1.0	3.1±1.0
中質地	3.3±0.8	2.6±0.8	2.2±1.1
粗質地	2.1±1.2	1.5±0.6	1.6±0.8

平均值±標準偏差

表三、臺灣中、南部地區粗、中、細質地之砂頁岩沖積土之土壤有機質含量（1980）
Table 3. Soil organic matter content of the different soil texture in the central and southern Taiwan sandstones and shales alluvial soils（1980）

	土壤有機質含量 %	
	中　部	南　部
細質地	2.2±0.5	2.0±0.8
中質地	1.8±0.7	1.7±0.6
粗質地	1.1±0.5	1.7±1.5

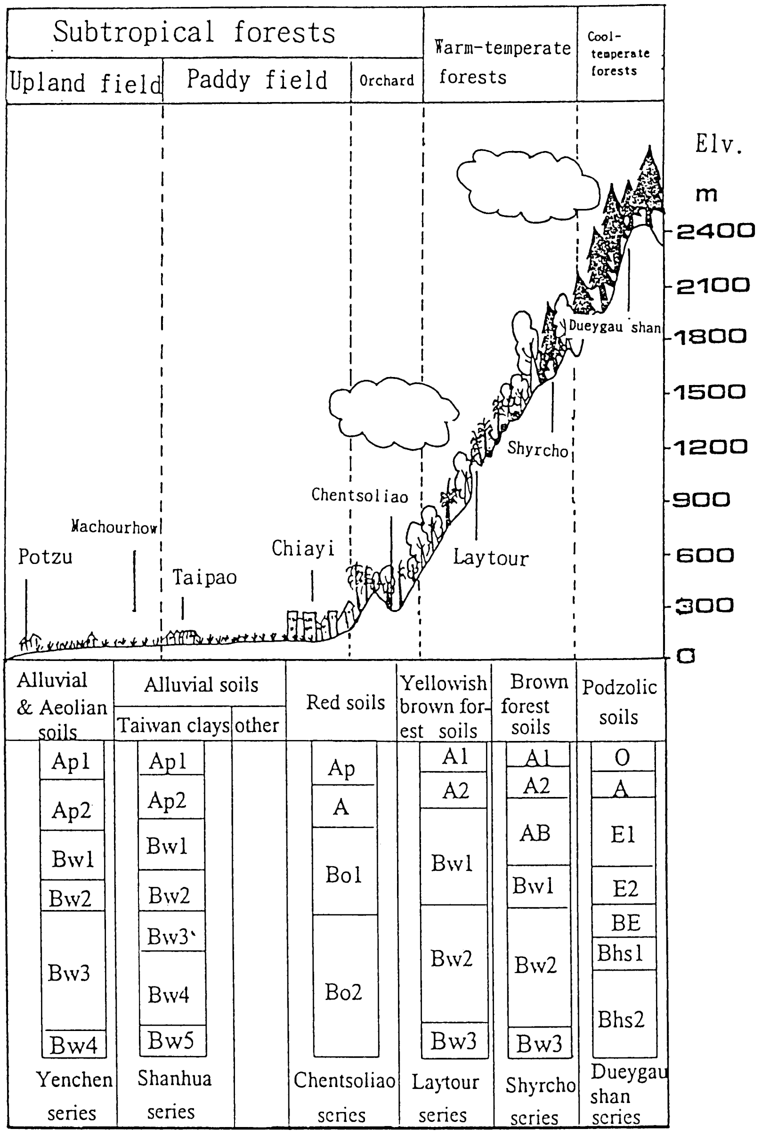
平均值±標準偏差

土地利用亦影響土壤有機質之含量，Meints等[12]調查美國內布拉斯加州之暫乾黑沃土之處女土與耕作土之土壤有機碳含量，發現耕作土較處女土之表土有機碳含量低約30至55%，同時影響之深度可達127公分，且土壤有機碳之損失以表土最多，隨著深度而影響漸減。臺灣平地之開發甚早，除東部地區外，全面性開發已有三百年以上之歷史，故本省土壤有機質含量之變化應不再是處女土開發之變化階段，而是土地之利用變化之區別。水田力耕作需經常浸水，土壤屬於厭氣狀態，有機質分解較慢，故同地區之土壤有機質含量應較旱田爲高。作者以1980之調查資料分析顯示，嘉義地區耕地水田266個樣品及旱田285個樣品之比較，水田土壤有機質含量爲1.9%，旱田土壤有機質含量爲1.6%，差異極顯著。依據臺糖公司之調查資料顯示，全省蔗園之土壤有機質含量在1%左右，遠較全省農田土壤之平均值爲低。可見水田耕作較旱田耕作對土壤有機質之維持或聚積更具效益。

臺灣地區多山，不能不提及山區與平地間之土壤有機質含量差異。高山地區從山麓至山頂隨高度變化，在不同高度上由氣溫、降水及植被特徵等綜合表現出氣候帶狀分佈，圖一即表示臺灣中西部平原至高山間垂直氣候帶之土壤與植生變化。因地形及高度造成之氣候條件而影響土壤之生成，在高處的土壤比低處土壤處於較冷之氣溫及低蒸發量，同時接受較多之雨量。這種地形造

成之氣候差異亦造成山區土壤有機質含量差異之主要原因。

茹[14]等調查臺中縣土壤指出山區森林土之土壤有機質含量約爲7.0%，臺地則約爲3.3%，平地則約爲2.4%。張[9]指出中部地區不同地形高度與土壤有機質之關係，在草屯、民間海拔100公尺以下之農田土壤有機質含量約爲1.5%左右，中寮、國姓、集集、埔里、魚池等地位於500至1,000公尺間，其有機質含量在2.0%，和平、信義、仁愛諸山地鄉其表土有機質含量多在2.5至3.0%之間。最近作者等調查阿里山脈至布袋海邊之土壤剖面一公尺深之一平方公尺有機碳含量，在海拔2,400公尺土壤有機碳可達67公斤／公尺／平方公尺，而布袋農田之土壤有機碳含量爲6.7公斤／公尺／平方公尺，詳細資料如表四及圖一。



圖一、對高山至布袋間之海拔、植生與土壤形態示意圖

Fig. 1. The diagram of elevation、vegetation and soil morphology between Dwe-kau San and Pu-Dai.

陳等[13]由臺灣地區土壤調查資料統計指出平地與高山之土壤有機碳與地形、氣溫之關係爲海拔每昇高一公尺大約可增加0.02公斤／公尺／平方公尺之有機碳，平均氣溫每昇高 1℃大約減少3.642至3.574公斤／公尺／平方公尺之有機碳，而雨量變化與土壤有機碳之關係卻不顯著。在比較35個森林土及55個耕土，求得森林土之土壤有機碳平均質爲31.9公斤／公尺／平方公尺，一般耕土則爲10.8 公斤／公尺／平方公尺。

表四、對高山至布袋間之地形、氣候與土壤有機質含量之關係

Table 4. The relationship of SOM with respect to topography and climate from mountain areas to coast plain areas in the central of Taiwan.

	海 拔 （m）	氣 溫 （℃）	雨 量 (mm)	土壤有機碳 （Kg／M／M^2）
對高山	2400	11	4400	65.8
石 卓	1550	15	3500	39.7
瀨 頭	900	18	2700	23.9
陳厝寮	57	22	1860	10.5
馬稠後	15	22	1560	12.3
布 袋	10	22	1250	6.7

歷次土壤調查之土壤有機質含量之變化兼論土壤酸化

有機質在土體中不斷的進出，又有機質在土體中之反應速度快則以小時計，慢則以千年計；有機質之形態衆多，Jenkinson等[14]將其分爲可分解植物殘體、抗分解植物殘體、微生物體、腐質化有機質及細小有機組成分等等。各作物類別間之抗分解性不同，而同一作物之年齡不同其組成分亦不同等等。在分解過程中，又受環境因子（氣溫、土壤水分、植生覆蓋及土壤性質等）影響，再加時間之因素，相當之複雜，故是非常難以精確估算土體中有機質之存在量，除非能充分洞晰土壤有機質變化之歷程。以化學分析法配合土壤調查之採樣，雖較耗費人力、時間，但可直接瞭解當地之土壤有機質含量。。

臺灣地區分別在1949至1950年、1959至1967年、1978至1981年及自1992年起（進行中）進行四次不同目的之土壤肥力調查，各次調查皆把瞭解當階段之土壤肥力狀況當爲其中目標之一。除第二次與第四次正進行中之調查採樣之密度接近外，且可以鄉鎮等小區域面積相互比較肥力之變化，其它調查資料因受制於土壤之變異性及樣品之代表性等問題，實無法正確進行不同年代之土壤有機質含量之比較。

林[17]在初步完成土壤肥力能限調查後，曾比較全省耕地土壤有機質變化情形。在1959至1967年間與1978至1981年間，以分布百分比比較，發現1978至1981 年間之土壤有機質含量屬極低及低等級之百分比減少，屬於中及高等級者增加，而認爲土壤有機質含量是增加的。相對於土壤有機質的增加，土壤酸鹼度卻有偏酸的趨勢。此等現象，林推測可能因爲在當時耐肥水稻品種出現，經濟好轉，化學肥料施用量增加，單位面積稻穀產量亦普遍提高，殘留於土壤中之稻根量亦相對提高，因而導致土壤酸鹼度略爲降低而土壤有機物含量增加。

作者等以鄉鎮爲單位分別比較1959至1967年間與1994年之土壤有機質含量及土壤酸鹼度值變化情形（表五、六）。在南部之永康、西港、佳里、七股及安定鄉，目前各鄉農田土壤有機質含量平均值在 1.5％至 1.7％之間與1978至1981年間調查本區域之土壤有機質含量相近，但與1959至1967年間此五鄉鎮分別比較，高出範圍約在0.3％至 0.5％之有機質含量，沿海鄉鎮如七股鄉增高較少，內陸鄉鎮增高較多；但在土壤酸鹼度值方面，則較1959至1967年間降低 0.4至 0.7個單位。全省之其它已調查鄉鎮資料顯示，除新城鄉之農田土壤有機質較三十年前低0.04％外，其於已調查之各鄉鎮約增加0.15％至0.48％之間，依該鄉鎮之水田面積擴展而異；在土壤酸鹼度值方面比較，則其它已調查鄉鎮降低 0.3至 0.4個單位，新城鄉之土壤酸鹼度值則增0.27個單位。嘉南平是水旱輪作田區，自1973 年曾文水庫完成後，又農民廣汎鑿井灌溉，臺南近海地區農田栽植水稻次數增加，應爲本區現今較三十年前土壤有機質增加之原因之一。依據英國Rothamsted之長期試驗[16]結果顯示各種人爲之操作影響土壤有機質之變化，其平衡時間大約爲20至40年間，故臺南地區之輪作制度區之土壤有機質新平衡點應已接近目前之測值。如有新的耕作制度導入，如水田轉作等措施，則土壤有機質仍將繼續朝新的平衡點移動。本省大部份農田土壤酸鹼度值降低，郭[18]曾估算臺灣農田土壤每年之氫離子添加量，約爲每年在25.9至51.3公斤H／公頃，並認爲目前影響農田土壤酸化之主要因素爲施肥措施；臺灣西南平原灌溉量增加亦有加速土壤鹽基淋洗之效果。並非全部農田土壤皆會酸化，在灌溉水源富含鹽基的濁水溪灌溉區之農田土壤並未酸化，郭等[19]在近年之調查資料亦發現部份地區具潛在鹽分地傾向之農田，因轉爲旱作或荒廢致使其土壤酸鹼值反而提昇，如永康鄉之部份農田。土壤專家皆明瞭土壤酸化問題是可以土壤管理方法解決，只要合理施用肥料並加强土壤診斷工作或推行地力增進計畫即可。

表五、1967及1994年間臺南縣部份鄉鎮之土壤有機質含量之變化
Table 5. The change of soil organic matter content in some townships of Tainan County between 1967 and 1994.

	土壤有機質含量 %				
	永康	西港	佳里	七股	安定
1967	1.00±0.36	1.15±0.28	1.19±0.27	1.36±0.36	1.24±0.31
1994	1.52±0.30	1.65±0.29	1.70±0.32	1.68±0.28	1.69±0.30

平均值±標準偏差

表六、1967及1994年間臺南縣部份鄉鎮之土壤酸鹼度值之變化
Table 6. The change of pH value in some townships of Tainan County between 1967 and 1994.

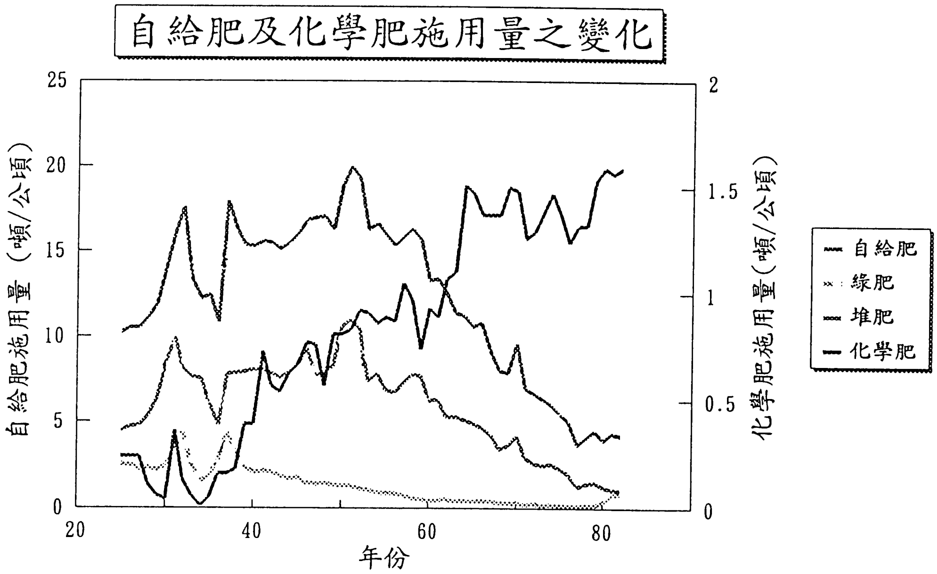
	土壤酸鹼度值				
	永康	西港	佳里	七股	安定
1967	6.9±0.7	7.8±0.4	7.7±0.4	8.1±0.2	7.7±0.4
1994	6.5±1.1	7.2±1.0	7.0±0.9	7.6±0.6	7.2±0.9

平均值±標準偏差

臺灣地區歷年自給肥料利用之變化

在歐洲之集約農業，Buchner 等（1975）估計作物需氮素 155公斤，有83公斤由化學肥料得來，10公斤由雨水獲得，40公斤由土壤有機物質獲得，10公斤由共生固氮獲得，10公斤由非共生固氮獲得，另種子含 1.5公斤。故作物大約62％之氮素養分來自無機態，38％之氮素養分來自有機態。因此有許多研究專注於化學肥料以外之養分供給來源。

臺灣地區過去農田土壤之養分供給來源，曾主要依賴自給性肥料。近年因本省化學肥料之便宜與精純，相對於有機資材之來源不足及施用費工與費時等，三十餘年來農田施用堆、廏肥已大爲減少，詳如圖二。統計資料顯示，本省農田施用自給肥料公頃年均量由1952年之20千公斤降成1993年之 1.6千公斤。惟近年來，政府鼓勵休耕田栽植綠肥及大力推廣有機肥之施用措施，農田施用自給肥料公頃年均量已漸增加。



圖二、1937至1993年間臺灣地區自給肥料、堆肥、綠肥及化學肥料用量之歷線圖
Fig 2. The per hactare application rate of self-supply fertilizers、farm-yard manures、green manures and chmical fertilizers in Taiwan during 1937 t0 1993.

雖然近年臺灣地區農田自給肥料施用量已逐年降低，但是根據前述之土壤調查資料顯示，土壤有機質含量在部分地區卻是增加，顯示近二十年來自給肥料之施用量對於土壤有機質含量之增減並未扮演重要之角色，並驗證目前臺灣農田土壤有機質含量之變化是由現行耕作制度所主導。

Yamazaki(21)曾對日本北陸地區富山農試場之長期試驗資料分析，指出每年投入鮮重45噸／公頃之紫芸英，經過14年後卻仍無法阻止土壤氮及有機質之消耗，然本處理仍較對照組有稍高之土壤腐植質，但在排水良好田地長期施用綠肥確有促使水田退化之虞。經過施用14年之綠肥僅有全部施用量 6％之有機質存在土體。又Russell(22)則認爲綠肥在提供有效態氮與累增土壤有機質是不可併行的，因涉及植體組成分變化之故。王等(8)曾對臺灣蔗田綠肥肥效進行評估，並引述多國

文獻認爲栽培綠肥要增進土壤有機質是很難辦到。連等[23]近年在本省中南部之試驗亦有類似之結論，並認爲栽培田菁而促使玉米增產乃由於田菁根系改善土壤物理性之原因。王等[8]認爲臺灣高溫多雨，綠肥分解迅速，既使在乾季施用綠肥，可使土壤有機質增加，但隔年一遇雨季，綠肥分解，土壤有機質即殘留甚少。大抵綠肥之效果在提高當作之養分供應，另深根綠肥或可將底層養分汲出於地表土。王等[8]亦認爲一作綠肥僅能節省38公斤無機氮，在當時極不合經濟效益，並認爲栽植牧草爲增加土壤有機質之最速方法，或與其他作物輪作，宿根栽培甘蔗等可增加土壤有機物。

本省土壤有機質含量水準之檢討

土壤有機質對於作物生產之重要性，已有它文論述，本文不再重複。本主題關注之重點應爲臺灣農田應維持多高之土壤有機質含量，林[24]以土壤肥力能限之調查資料配合水稻田間試驗資料分析，指出臺灣地區之水田土壤有機質含量在1.0%以上，配合良好之肥培管理即可有六千公斤／公頃之產量，而且產量並不隨著土壤有機質之增加而增加。土壤有機質對於旱田土壤物理性之維持之重要性不容忽視，但本省有關此方面之研究仍少，有待進一步之評估。

在日本之土壤生產力分級[25]並不將旱田及樹園地土壤有機質含量當爲評估之規範之一，在水田土壤中也以易分解有機質含量（測定土壤礦化氮素量）當爲評估土壤氧化還原能力之項目。

Larson[26]在美國愛奧華州之濕潤黑沃土試驗指出如果每年栽植玉米，則每年約需投入5000公斤／公頃碳素之植物殘體，方可維持表土層之土壤有機碳含量爲1.8%，而土壤有機質含量多寡影響孔隙度、土壤團粒、總體密度，但對於土壤水份卻助益甚少。

結　　論

時隔三十年，臺灣農業面臨新的挑戰，國民對於糧食自給不再關心，取而代之的是生活環境品質高與農產品質，而農村面臨的是勞力不足，生產成本高，農產品價格低之困擾。另一方面國內亦面臨農畜產廢棄物及社區廢棄有機物處理及河川水源污染之問題，在國際上則有二氧化碳增高造成溫室效應之問題，此時農田土壤將再度扮演救火角色。但除對農民處理大量農畜產廢棄物做適當補償之社經層面問題應解決外，土壤研究人員對於評估不同土類及土地利用之承受有機物之質與量以及土壤中有機物質在土壤中之動態與效益之工作亦不可忽略。又政府推行農田栽培綠肥作物之策略與預期目標應爲何？此等課題皆有進一步討論之必要。

參考文獻

1.Eswaran, H., E. Van den Berg and P. Reinch 1993 Organic carbon in soil of world. Soil Sci. Soc. Am. J. 57,192-194.

2.Fenton, T.E. 1983 Mollisols. In " Pedogenesis and soil taxonomy part II. The soil orders" Ed. by L.P. Wilding, N.E. Smeck and G. F. Hall p. 125-163. Elsevier Sci. Publishers. The Netherlands.

3.Nelson, D.E. and L.E. Sommers 1982 Total Carbon, organic carbon, and organic matter. In " Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd Ed." Ed. by A.L. Page and R.H. Miller, D.R. Kenny. A.S.A., S.S.S.A. and C.S.S.A. Published. Madison, WI. 53711 U.S.A.

4. Haider, K. and J.P. Martin 1967 Synthesis and transformation of phenolic compounds by *Epicoccum nigrum* in relation to humic acid formation. Proc. Soil Sci. Am. 31:766-772.

5. Wang, T.S.C., S.W. Li and Y.L. Ferng 1978 Catalytic polymerization of phenolic compounds by clay minerals. Soil Sci. 125(1): 15-21.

6. Jenny, H. 1941 Factors of soil formation. McGraw-Hill Book Co. N.Y. U.S.A.

7. 焦 彬 1986 中國綠肥 農業出版社.

8. 王世中、楊金珍 1967 臺灣蔗田綠肥肥效 臺糖彙報 41:177-193.

9. 陳正祥 1960 臺灣地誌（上）敷明產業地理研究所.

10. 張守敬 1950 臺灣省土壤肥力概述 臺灣省農業試驗報告第七號.

11. 林家棻 1967 臺灣農田肥力測定 臺灣省農業試驗報告第二十八號.

12. Meints, V.W. and G.A. Peterson 1977 The influence of cultivation on the distribution of nitrogen in soil of ustolls border. Soil sci. 124:335-342.

13. 臺糖公司 1979 糖業手冊農務篇. 臺糖公司. 臺北.

14. 茹皆耀、華孟 1947 臺中縣之土壤. 臺灣省農業試驗所專報第三號.

15. Chen, Z.S., H.S. Chiang , H.Y. Guo and H. Eswaran 1992 The carbon content and pedogenic processes of soils in Taiwan. Soils and Fertilizers in Taiwan 1992 .

16. Jenkinson, D.J., N.J. Bradbury and K. Coleman 1994 How the Rothamsted classical experiments have been used to develop and test models for the turnover of carbon and nitrogen in soil. In " Long-term experiments in agricultural and ecological sciences " Ed. by R.A. Leigh and A.E. Johnson. CAB International.

17. 林家棻 1982 本省農田肥力之變遷. 臺灣省農業試驗所民國七十年報.

18. 郭鴻裕 1992 臺灣地區酸性土壤之分佈及其利用現況. 酸性土壤之特性及其改良研討會. 中華土壤肥料學會. 臺中

19. 郭鴻裕、朱戩良、劉滄棽 1994 八十二年度農業試驗計畫研究報告.

20. Flaig, W. 1984 Soil organic matter as a source of nutrients. In "Organic matter and rice " IRRI. Philippines.

21. Yamazaki, K. 1957 Renge rice culture (Japanese). Cited from I. Watanabe "Use of green manures in northeast Asia" in "Organic matter and rice " IRRI. Philippines.

22. Russell, E.W. 1974 Soil conditions and plant growth. 10th ed. Longman groups. London, England.

23. 連深、王鐘和 1994 水旱田輪作制度下夏作田菁對秋作玉米生產及肥力之效果. 臺灣省農業試驗所民國八十二年報.

24. 林家棻 1983 臺灣省土壤肥力能限分類規範調查研究. 臺灣省農業試驗所民國七十一年年報.

25. 東京都農業試驗場 1978 東京都地力保全基本調查總合成績書. 東京都農業試驗場.

26. Larson, E.W. and C.E. Clapp 1984 Effects of organic matter on soil physical properties. In "Organic matter and rice " IRRI. Philippines.

Soil organic matter contents and the application status of organic materials in Taiwan

Horng-Yuh Guo, Chien-Liang Chu, Chi-Fang Chiang and Hwai-Kuo Wu

Summary

The article discusses the geographic distribution of soil organic matter contents in Taiwan. It is also compared with the change of soil organic matter contents by the soil fertility survey data and the application status of organic materials in farmlands during the past 50 years.

All of the information will be used to make better strategy of the application of organic materials.

Key Words : Taiwan croplands, Soil organic matter contents